

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN  
1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Al DENGAN METODE FSW  
(*FRICTION STIR WELDING*) SINGLE TRACK**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh :

**ASRHOFI ARIEF HERNOWO**

**D200120044**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM  
PADA SAMBUNGAN Fe-Al DENGAN METODE FSW (*FRICTION STIR WELDING*)  
*SINGLE TRACK***

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**ASRHOFI ARIEF HERNOWO**

**D200120044**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



**Ir. Bibit Sugito, MT**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN 1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Al DENGAN METODE FSW (*FRICTION STIR WELDING*) *SINGLE TRACK*

Oleh :

**ASRHOFI ARIEF HERNOWO**

**D200120044**

**Telah dipertahankan di depan dewan penguji  
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Kamis, 29 Maret 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji :**

- 1. Ir. Bibit Sugito, MT**  
**(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Ir, Masyrukan, MT**  
**(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Ir. Agus Hariyanto, MT**  
**(Anggota II Dewan Penguji)**

()  
()  
()

**Dekan,**

  
**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D**  
**NIK.682**



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti atau ketidak benarandalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6 April 2018

Penulis



**ASRHOFI ARIEF HERNOWO**

**NIM : D200120044**

**ANALISA PENGARUH KECEPATAN PUTAR SPINDEL 800 RPM DAN  
1250 RPM PADA SAMBUNGAN Fe-Al DENGAN METODE FSW  
(FRICTION STIR WELDING) SINGLE TRACK**

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik, kekerasan pada sambungan alumunium dengan besi menggunakan metode *friction stir welding*. Material yang digunakan besi st37 dan alumunium. Proses pengelasan menggunakan mesin konvensional dengan putaran yang digunakan 800 rpm dan 1250 rpm, *feed rate* 10 mm/menit, sudut kemiringan  $1^\circ$  dan *depth plunge* 1,8 mm. Untuk pengujian tarik menggunakan standart ASTM E8M, sedangkan untuk pengujian kekerasan menggunakan standart ASTM E384. Dari hasil pengujian tarik sambungan Al-Fe 800 rpm mempunyai tegangan rata – rata 82,22 Mpa dan regangan rata – rata 1,09%, sedangkan sambungan Al-Fe 1250 rpm memiliki tegangan rata – rata 96,23 Mpa dan regangan rata – rata 1,14%. Untuk base metal pada sambungan Al-Fe 800 rpm material Fe mempunyai tegangan rata – rata 318,01 Mpa dan regangan rata – rata 7,62%, sedangkan material Al mempunyai tegangan rata – rata 158,89 Mpa dan regangan rata – rata 3,16%. Untuk base metal pada sambungan Al-Fe 1250 rpm material Fe mempunyai tegangan rata – rata 303,36 Mpa dan regangan rata – rata 9,46%, sedangkan material Al mempunyai tegangan rata – rata 143,04 Mpa dan regangan rata – rata 1,08%. Dari hasil pengujian kekerasan sambungan Al-Fe 800 rpm pada daerah *stir zone* menunjukkan nilai 42,2 HVN dan daerah HAZ menunjukkan nilai 56,5 HVN, sedangkan pada sambungan Al-Fe 1250 rpm pada daerah *stir zone* menunjukkan nilai 161,7 HVN dan daerah HAZ menunjukkan nilai 165,5 HVN. Untuk base metal pada sambungan Al-Fe 800 rpm material Fe menunjukkan nilai 117,1 HVN dan material Al menunjukkan nilai 47,3 HVN, sedangkan untuk sambungan base metal pada sambungan Al-Fe 1250 rpm material Fe menunjukkan nilai 137,4 HVN dan material Al menunjukkan nilai 37,6 HVN.

**Kata Kunci:** friction stir welding, baja st37, alumunium, tarik, kekerasan.

**ABSTRACT**

This study aims to determine the tensile strength, hardness in the aluminum connection with steel using friction stir welding method. Materials used st37 steel and aluminum. The welding process uses a conventional engine with a rotation that uses 800 rpm and 1250 rpm, feed rate 10 mm / min,  $1^\circ$  inclination angle and 1.8 mm plunge depth. For tensile tests using the ASTM E8M standard, for testing use the ASTM E384 standard. From the experimental test of the Al - Fe 800 rpm connection, the average was 82.22 MPa and the strain averaged 1.09%, while the Al - Fe 1250 rpm had an average of 96.23 MPa and an average strain of 1 , 14%. For base metal at Al - Fe connection of 800 rpm of material. 16%. For base metal at Al - Fe 1250 rpm the average material has an average of 303.36 Mpa and an average strain of 9.46%, whereas the average Flow material is 143.04 Mpa and an

average strain of 1, 08%. From the results of testing the hardness of Al-Fe 800 rpm connection in zone stir area showed 42.2 HVN value and HAZ area showed 56,5 HVN value, while at Al-Fe 1250 rpm at zone stir area showed 161,7 HVN and HAZ area shows a value of 165.5 HVN. For base metal at Al-Fe 800 rpm the Fe material showed 117.1 HVN and Al material showed 47.3 HVN value, while for base metal connection at Al-Fe 1250 rpm Fe material showed 137.4 HVN value and material Al shows a value of 37.6 HVN.

**Keywords:** friction stir welding, st37 steel, aluminum, tensile, hardness.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri manufaktur saat ini sering kita jumpai pembuatan produk/komponen yang membutuhkan penyambungan material baik dibidang otomotif, perkapalan, penerbangan dan lain-lain. Dan pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan yang saat ini sering digunakan untuk penyambungan material. Di jaman modern ini banyak industri manufaktur yang mengembangkan teknik-teknik pengelasan untuk mengikat kualitas produk dan memangkas biaya produksi.

Saat ini proses pengelasan logam diklarifikasikan menjadi dua kelompok yaitu; *Liquid state welding (LSW)*, dan *Solid state welding (SSW)*. LSW adalah proses pengelasan logam yang di lakukan dalam keadaan cair, sedangkan SSW merupakan proses las dimana pada saat pengelasan logam dalam keadaan padat.

Salah satu jenis metode Solid state welding (SSW) yaitu *Friction Stir Welding (FSW)* merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan energi panas yang diakibatkan karena gesekan yang terjadi antara tool dan benda kerja yang akan disambung. Penyambungan ini terjadi karena pengadukan dua sisi potongan logam yang mulai melunak akibat gesekan FSW (*friction stir welding*) ditemukan dan dikembangkan oleh Wayne Thomas pada tahun 1991 di TWI (*The Welding Institute*) Amerika Serikat. FSW dapat diaplikasikan baik dibidang otomotif, perkapalan, penerbangan dan lain-lain.

Pengelasan dengan menggunakan kombinasi material yang berbeda mulai banyak dilakukan dalam dunia industri manufaktur karena dapat meningkatkan efektifitas dan manfaat ekonomis. Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) adalah dua bahan umum yang banyak digunakan dalam dunia perindustrian. Namun karena

perbedaan besar dalam sifat fisik dan kimianya, pengelasan dari besi dan tembaga umumnya lebih sulit, studi Liltelatur menunjukkan bahwa adanya beberapa teknik pengelasan yang dapat diaplikasikan untuk sambungan *dissimilar* seperti:, brazing, pengelasan gesek (FSW) dan pengelasan ultrasonik.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada: Metode pengelasan dengan menggunakan metode *friction stir welding* (FSW), Material yang digunakan adalah plat besi dan alumunium dengan tebal 2mm, Sambungan menggunakan sambungan butt joint, Proses *friction stir welding* pada sambungan besi dan alumunium menggunakan kecepatan putar spindle 800 rpm dan 1250 rpm, *Feed Rate* 10 mm/menit, sudut kemiringan  $1^0$  dan *Depth plunge* 1,8 mm, Pengujian yang dilakukan hanya mencangkup tentang pengujian tarik, dan pengujian kekerasan, Standart pengujian tarik menggunakan standart ASTM E8M dan pengujian kekerasan menggunakan standart ASTM E384

Tujuan yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: Mengetahui kekuatan tarik maksimal pada sambungan hasil pengelasan *fricition stir welding* antara besi dengan alumunium, Mengetahui nilai kekerasan pada sambungan hasil pengelasan *friction stir welding* antara besi dengan alumunium, Mengetahui nilai perbandingan hasil pengujian tarik dan kekerasan pada pengelasan *friction stir welding* antara Al-Fe 800 rpm dengan Al-Fe 1250 rpm.

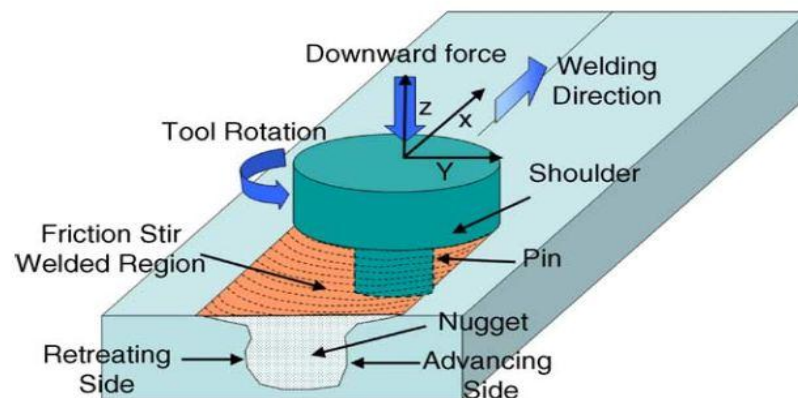
Muhammad reza (2011), meneliti pengaruh parameter mesin terhadap sifat mekanik material AC4CH dengan metode friction stir welding. variasi parameter yang digunakan adalah putaran tool, bentuk tool, dan kemiringan tool. Menyimpulkan bahwa metode friction stirwelding dapat menghasilkan sambungan yang sempurna. Dimana dengan feeding yang tetap putaran tool semakin tinggi maka kekuatan tariknya semakin menurun. Tool dengan bentuk pin silinder lurus mempunyai kecnderungan mempunyai kemkuatan tarik rendah dibandingkan dengan silinder tirus dan ballnose. Apabila semakin besar sudut tool makan semakin rendah kekuatan tariknya tetapi pada sudut hasil pengelasan tidak baik.

Masaomah poural (2017), dalam penelitian ini, lasan lap antara Al 1100 dan baja st37 dilakukan dengan pengelasan adiksi gesekan solid-state dengan rotasi alat kecepatan pengelasan yang berbeda. Karena perbedaan besar antara

suhu leleh dan intermatika Al/Fe yang rapuh maka sulit untuk mendapatkan kualitas penggiliran baja ke paduan alumunium dengan proses pengelasan fusi.

Joaquin (2017) untuk mengurangi berat struktur transportasi, penggunaan struktur hibrida yang terbuat dari baja dan alumunium merupakan cara untuk peaturan emisi gas buang. Bergabung dengan alumunium merupakan tantangan besar dan gesekan stir spot welding (FSW) telah menjadi teknik pengelasan potensial baru untuk menghasilkan sambungan yang berbeda.

*Friction stir welding* merupakan salah satu jenis pengelasan solid state welding (SSW) dimana pengelasan *friction stir welding* memanfaatkan gesekan yang terjadi antara tool dan material yang akan disambung. Friction stir welding pertama kali ditemukan oleh Wayne Thomas dari The Welding Institute dari United Kingdom pada tahun 1991.



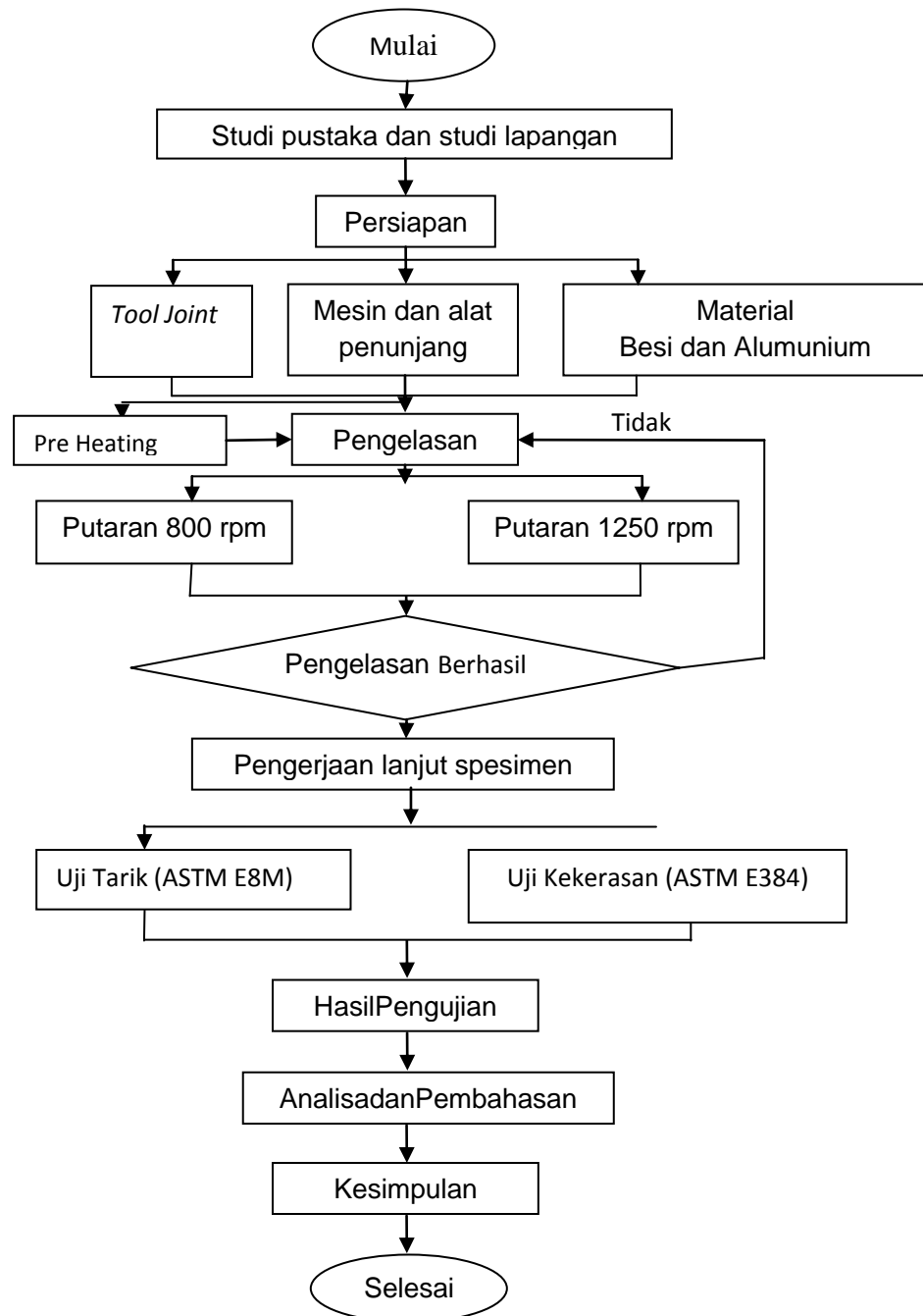
Gambar 1. Skema friction stir welding

Pada proses *friction stir welding*, sebuah tool berupa *cylindrical shoulder* yang dilengkapi dengan probe dan bergerak dengan kecepatan konstan sepanjang jalur sambungan antara dua material yang dilas. Benda kerja harus dicekam dengan kuat pada ragum atau fixture untuk mempertahankan posisinya akibat gaya yang terjadi pada waktu pengelasan. shoulder dari tool harus bersentuhan dengan permukaan benda kerja dan panjang dari probe harus lebih pendek daripada tebal benda kerja supaya tidak mengai alas benda kerja (*backing plat*).



## 2. METODE

### 2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## 2.2. Alat

Alat pengelasan : Mesin Milling Konvensional merk Richon

Alat Bantu : Caliper, pencekam, gergaji potong, kikir, gerinda, ampelas, *resin*, *catalys*, *infrared pyrometer*.

Alat Pengujian : Alat uji komposisi kimia (*spectrometer*), alat uji tarik merk Instrom, alat uji kekerasan merk HIGHWOOD, TTS Unlimited, Inc.

## 2.3. Bahan

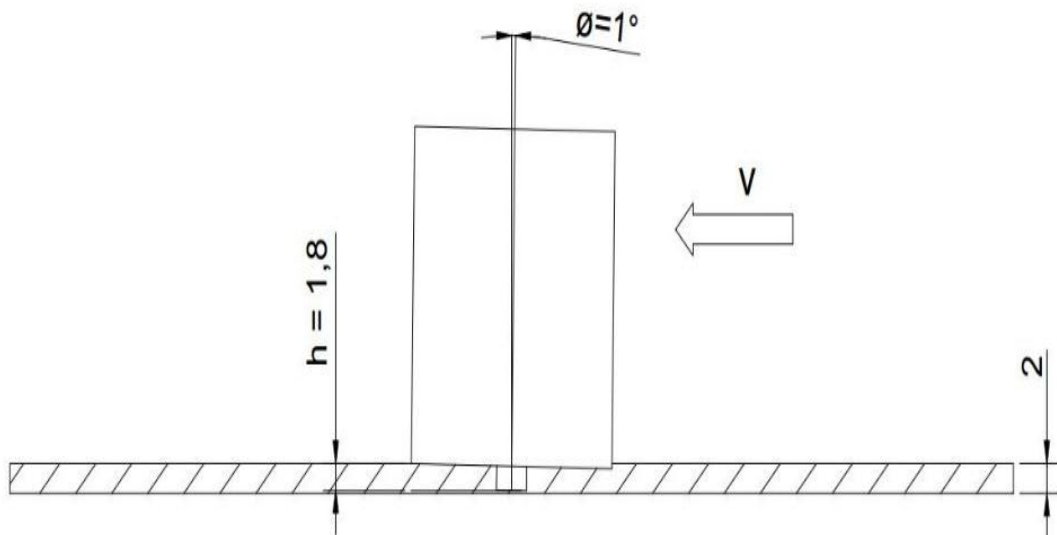
Bahan penelitian : Material plat alumunium dan besi tipe st37

## 2.4. Tempat Penelitian

Tempat penelitian : Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS), Laboratorium Solo Technopark, Laboratorium Balai Besar Kerja Industri Surakarta (BBLKI), dan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Diponegoro (UNDIP).

## 2.5. Parameter Pengelasan

Parameter Pengelasan FSW yang digunakan pada proses pengelasan ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Parameter Pengelasan

**Tabel 1. Parameter pengelasan**

N0	Parameter	nilai
1	Material	Besi Alumunium
	Rotation speed (n)	800 rpm 1250 rpm
	Welding speed (v)	10/mm
	Tilt engle ( $\theta$ )	1°
	Depth plunge	1.8 mm

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Tarik

Data hasil pengujian tarik dapat dilihat pada table berikut

**Table 2. Tabel Kekuatan Tarik Al-Fe 800 Rpm**

No	Material	A0 (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (Mpa)		Rata-rata $\sigma$ (Mpa)
			$\sigma_1$	$\sigma_2$	
1.	Al-Fe	12	78,74	85,71	82,22
2.	Base Metal Fe	12	270,49	365,53	318,01
3.	Base Metal Al	12	163,48	154,31	158,89

**Table 3. Tabel Regangan Al-Fe 800 Rpm**

No	Material	L0 (mm)	Regangan (%)		Rata-rata $\epsilon$ (%)
			$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	
1.	Al-Fe	32	1,11	1,08	1,09
2.	Base Metal Fe	32	5,72	9,53	7,62
3.	Base Metal Al	32	4,19	2,13	3,16

**Table 4. Tabel Kekuatan Tarik Al-Fe 1250 Rpm**

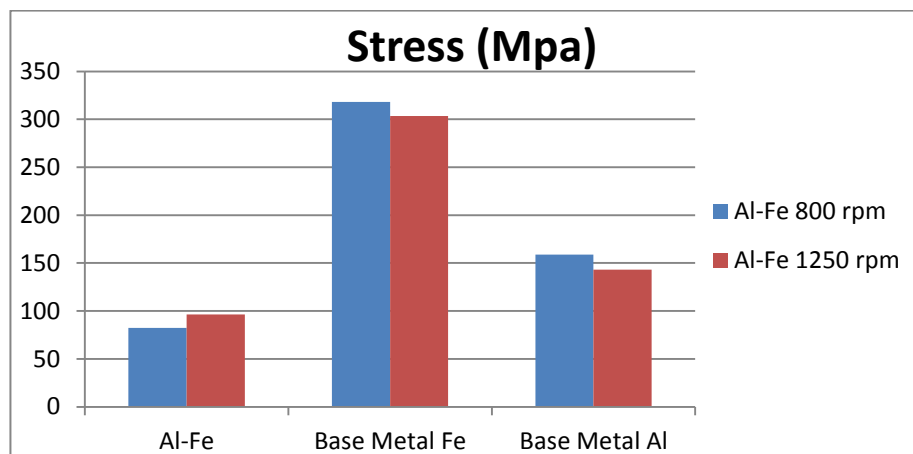
No	Material	A0 (mm <sup>2</sup> )	Tegangan (Mpa)		Rata-rata $\sigma$ (Mpa)
			$\sigma_1$	$\sigma_2$	
1.	Al-Fe	12	84,26	108,02	96,23

2.	Base Metal Fe	12	270,49	346,24	303,36
3.	Base Metal Al	12	136,96	149,13	143,04

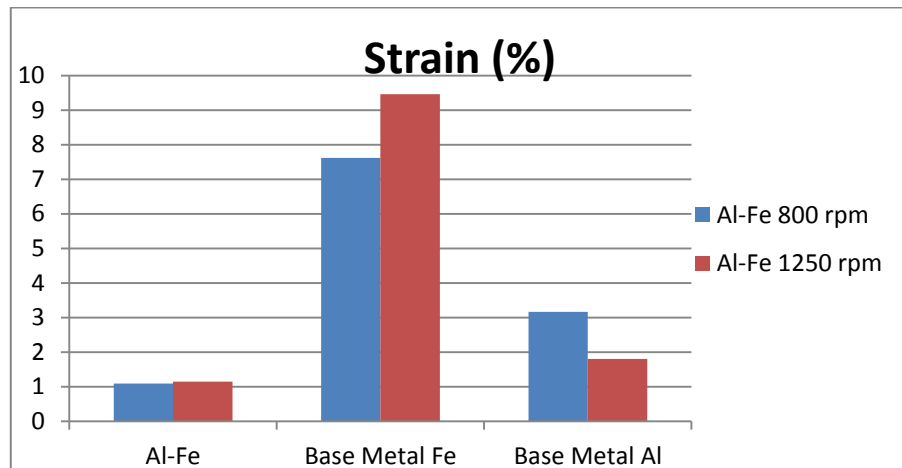
**Table 5. Tabel Regangan Al-Fe 1250 Rpm**

No	Material	L0 (mm)	Regangan (%)		Rata-rata $\epsilon$ (%)
			$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	
1.	Al-Fe	32	1,19	1,10	1,14
2.	Base Metal Fe	32	5,72	13,2	9,46
3.	Base Metal Al	32	2,37	1,24	1,80

Dari table diatas dapat kita buat grafik agar lebih mudah dalam menganalisa, berikut grafik tegangan dan regangan dari hasil pengujian tarik pengelasan *friction stir welding single sided*.



Gambar 4. Histogram perbandingan kekuatan tarik Al-Fe 800 rpm dengan Al-Fe 1250 rpm



Gambar 5. Histogram perbandingan regangan Al-Fe 800 rpm dengan Al-Fe 1250 rpm

Dilihat dari table dan grafik diatas hasil pengelasan *friction stir welding single track* antara Al-Fe 800 rpm mempunyai tegangan tarik rata – rata sebesar 82,22 Mpa dan memiliki regangan rata – rata 1,09% dibandingkan dengan sambungan antara Al-Fe 1250 rpm yang memiliki tegangan rata – rata 96,23 Mpa dan regangan rata – rata 1,14%. Untuk base metal pada Fe pada sambungan antara Al-Fe 800 rpm mempunyai tegangan tarik 318,01 Mpa dengan regangan rata – rata 7,62%. Sedangkan untuk base metal Al pada sambungan antara Al-Fe 800 rpm mempunyai nilai tegangan 158,89 Mpa dengan regangan rata – rata 3,16%. Untuk base metal Fe pada sambungan antara Al-Fe 1250 rpm mempunyai nilai tegangan tarik rata – rata 303,36 Mpa dan regangan rata – rata 9,46%, sedangkan untuk base metal Al pada sambungan antara Al-Fe 1250 rpm mempunyai nilai tegangan tarik rata – rata 143,04 Mpa dan regangan rata – rata 1,80%.

Dari keseleruhan pengujian yang dilakukan patah pada specimen uji Al-Fe terjadi pada daerah pengelasan. Tetapi ada yang terjadi pada base metalnya. Patah di bagian base metalnya sebagian terjadi pada sambungan antara Al-Fe 1250 rpm. Sedangkan pada sambungan Al-Fe 800 rpm patah pada daerah pengelasan.

### 3.2. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji micro Vickers hardness machine dengan parameter pengujian sebagai berikut : Beban

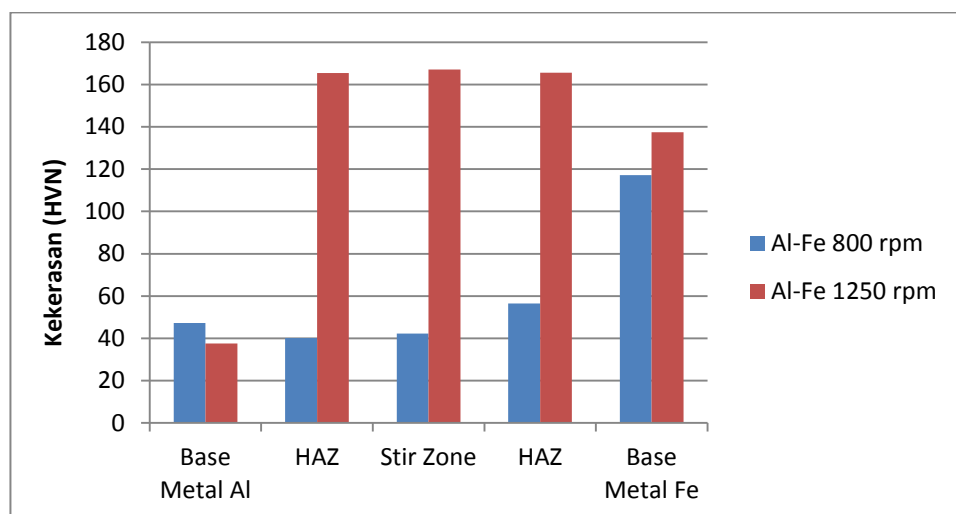
yang digunakan sebesar 200gf, Waktu tahan selama 10 detik, Jarak tiap titik uji 1mm

**Tabel 6. Data hasil uji kekerasan Al-Fe 800 rpm**

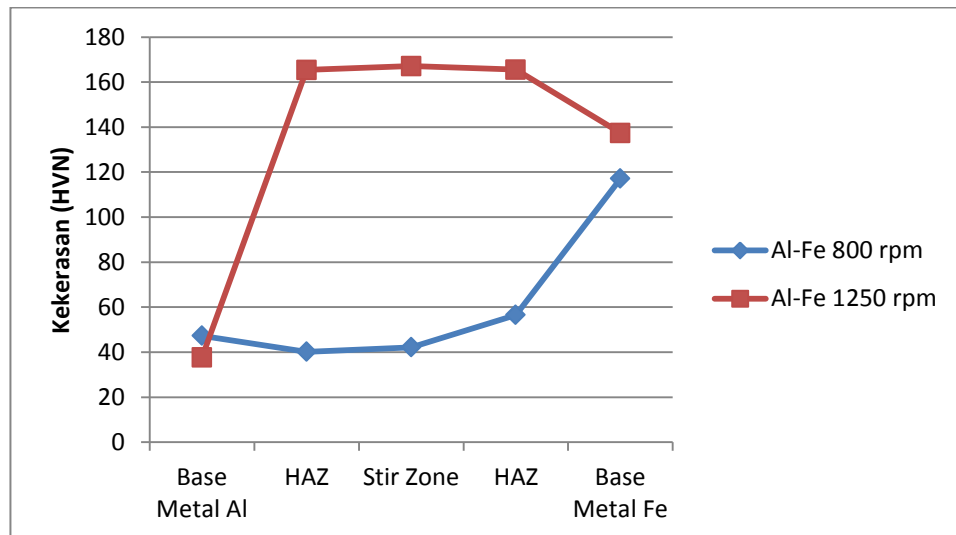
No	Daerah	HVN
1.	Base Metal Al	47,3
2.	HAZ	40,2
3.	Stir Zone	42,2
4.	HAZ	56,5
5.	Base Metal Fe	117,1

**Tabel 7. Data hasil uji kekerasan Al-Fe 1250 rpm**

No	Daerah	HVN
1.	Base Metal Al	37,6
2.	HAZ	165,4
3.	Stir Zone	167,1
4.	HAZ	165,5
5.	Base Metal Fe	137,4



Gambar 6. Histogram perbandingan uji Vickers



Gambar 7. Grafik perbandingan kekerasan Al-Fe 800 rpm dengan Al-Fe 1250 rpm

Dari data dan grafik diatas proses pengelasan *friction stir welding* pada sambungan Al-Fe 800 rpm dan Al-Fe 1250 rpm dapat di lihat bahwa trend dari, HAZ, dan stir zone menunjukkan penambahan kekerasan pada setiap titik yang di lakukan pengujian. Dalam nilai kekerasan pada sambungan Al-Fe 1250 rpm ada terjadi penurunan. Karena dalam proses pengelasan *friction stir welding*, penyambungan logamnya dilakukan dengan gesekan dan adukan tanpa memasukan logam baru antar material. Dan hasil pengelasan pada daerah stir zone tidak bisa melebihi kekuatan pada base metalnya. Karena sifat dari proses pengelasan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas yang timbul. Kenaikan pada nilai kekerasan pada daerah las, selain dari karena karakteristik paduan itu sendiri juga karena di sebabkan karena proses pengerasan terjadi ketika proses pengelasan berlangsung.

H. Wiryosumarto, 1996, menyatakan bahwa pengerasan akan tercapai bila tercapai bila terjadi endapan fasa kedua material pada temperature 160-185<sup>0</sup>C dalam waktu 6 sampai 20 jam.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian proses pengelasan *friction stir welding* yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Hasil pengujian tarik

diperoleh bahwa tegangan tarik rata-rata untuk *friction stir welding* pada sambungan antara Al-Fe 800 rpm adalah 82,22 Mpa, dengan nilai regangan rata – rata 1,09%. Sedangkan pengujian tarik pada sambungan antara Al-Fe 1250 rpm diperoleh nilai tegangan rata-rata 96,23 Mpa, dengan nilai regangan rata – rata 1,14%, Hasil pengujian kekerasan sambungan antara Al-Fe 800 rpm pada daerah stir zone menunjukkan nilai 42,2 HVN lebih keras dari pada daerah HAZ dengan nilai 40,2 HVN. Sedangkan hasil pengujian kekerasan sambungan antara Al-Fe 1250 rpm pada daerah stir zone menunjukkan nilai 167,1 HVN lebih keras daripada daerah HAZ dengan nilai 165,4 HVN, Dari hasil pengujian tarik pada sambungan Al-Fe 800 rpm menunjukkan nilai tegangan rata – rata 82,22 Mpa dengan nilai kekerasannya 42,2 HVN. Sedangkan pada sambungan Al-Fe 1250 rpm mempunyai nilai tegangan rata – rata 96,23 Mpa dan kekerasan 167,1 HVN. Ini menunjukkan bahwa sambungan Al-Fe 1250 rpm mempunyai kekuatan yang lebih besar daripada sambungan Al-Fe 800 rpm.

#### **4.2 Saran**

Saran yang dapat di ajukan agar percobaan berikutnya lebih baik dan menyempurnakan percobaan yang telah di lakukan dalam penelitian ini adalah: Memilih profil pin dengan tool yang berbentuk persegi supaya pengadukan lebih sempurna, Memperhatikan temperature benda kerja pada saat proses pengelasan, karena perubahan temperature sangat berpengaruh dalam bentuk ikatan logamnya, Memperhatikan waktu pemakanan pin pada benda kerja agar mencapai temperatur yang diinginkan, Untuk mengetahui detail struktur dari hasil pengelasan di butuhkan pengujian lanjutan seperti foto micro dan makro.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ando, Masami., 2016, “*Friction Stir Welding Of F82H Steel For Fusion Applications*”, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Joaquin., 2015, “Tool Geometry Optimizzation In Friction Stir Spot Welding of Al-Steel Joints”, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- Mishra, R.S., Ma, Y.z, 2005, Friction stir Welding And Processing Material Science and E ngineering, R 50: 1-78.



Poural.Masaomah., 2017, “*Journal of Alloys Compounds*”,  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

Smallman, R.E., Bishop, R.J., 2000, “*Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material*”, Erlangga, Jakarta.

Wijayanto, W., 2015, “*Pengaruh sudut kemiringan tool Terhadap sifat mekanik dan struktur mikro plat Aa5083 pada proses Friction Stir Welding*”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Wirjosumarto, H., Okumura, T., 1994, “*Teknologi Pengelasan Logam*”, Cetakan ke-6, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

.